Зан. №15 Фотоэлектронные приборы (фоторезисторы, фотодиоды, фототранзисторы)
Метки: фотоэлектронные приборы, электроника
Контрольные вопросы:

1. **Что такое фоторезисторы и их принцип работы, УГО?**
2. **Что такое фотодиоды и их принцип работы, УГО? Назовите возможные режимы работы фотодиодов и их особенности.**
3. **Начертите принципиальные схемы устройства фотодиодов.**
4. **Расскажите об образовании фотоЭДС при освещении p-n-перехода.**
5. **Чем ограничена максимальная фотоЭДС фотодиода, работающего в вентильном режиме?**
6. **Нарисуйте вольтамперные характеристики фотодиода в фотодиодном режиме.**
7. **Нарисуйте световые характеристики фотодиода в фотодиодном режиме.**
8. **Что такое фототранзисторы и их принцип работы, УГО?**
9. **Вентильные фотоэлементы и их принцип работы, где применяют?**
10. **Перечислите полупроводниковые приборы с внутренним фотоэффектом**
11. **Перечислите полупроводниковые приборы с внешним фотоэффектом**
12. **Где применяют фотодиоды и фототранзисторы?**

Работа фотоэлектронных приборов основана на явлениях, вызываемых действием лучистой энергии. По характеру действия светового потока на фотоэлектронный прибор различают приборы с фотоэффектом: внутренним — на основе полупроводников, в которых под действием фотонов происходит генерация носителей зарядов - электронов проводимости и «дырок»; внешним, у которых под действием светового потока возникает фотоэлектронная эмиссия.
К фотоэлектронным приборам с внутренним фотоэффектом относятся фоторезисторы, фотогальванические элементы, фотодиоды, фототранзисторы и фототиристоры.
К фотоэлектронным приборам с внешним фотоэффектом относятся электровакуумные и газонаполненные фотоэлементы и фотоэлектронные умножители.
Фоторезисторы обладают свойством изменять свою электропроводность под действием светового потока. Материалом для фоторезисторов служат селен, сернистый свинец, сернистый кадмий, сернистый висмут и другие полупроводники. Для изготовления фоторезистора на изоляционную пластину методом напыления наносят слой полупроводника, на который, в свою очередь, наносят слой металла (платины, золота) в виде двух гребенок. Непосредственный контакт между гребенками отсутствует, в результате между зубцами гребенок оказывается слой светочувствительного полупроводника. При освещении слоя полупроводника увеличивается число электронов, переходящих в зону проводимости, увеличивается электропроводность, вследствие чего изменяется сопротивление между напыленными участками металла.Вольт-амперные характеристики фоторезисторов линейные.
На рис. 1 устройство фоторезистора (вид а), схема его включения (вид б) и вольт-амперная характеристика (вид в). В УГО фоторезисторов имеются буквы русского алфавита —ФС.

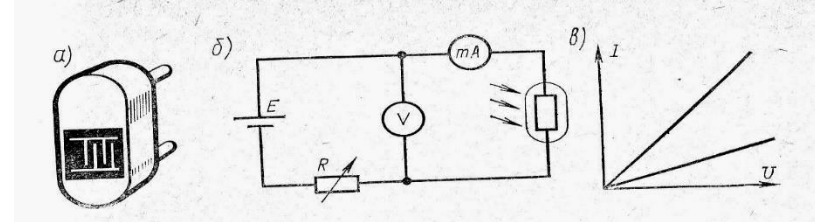


Рис.1. Фоторезистор

Фотодиоды — полупроводниковые приборы, в основу действия которых положено свойство электронно-дырочного перехода изменять обратное сопротивление под действием светового потока. На рис. 2 показаны устройство (вид а) и схема включения (вид б) фотодиода. Когда фотодиод не освещен, в цепи резистора R проходит обратный ток очень небольшой величины.

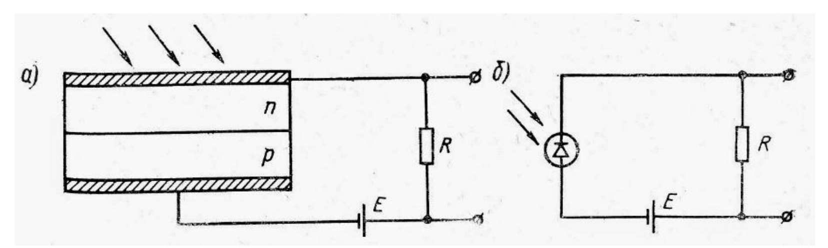


Рис.2. Фотодиод

При освещении фотодиода увеличивается число «дырок» в области полупроводника с электронной проводимостью. При включении напряжения эти «дырки» проходят через электронно-дырочный переход, вызывая увеличение тока в цепи нагрузки.
Фотодиоды могут работать в двух режимах: **режим А** характеризуется отсутствием внешнего источника напряжения, фотодиод работает как вентильный фотоэлемент; **режим В** характеризуется работой фотодиода с внешним источником напряжения и называется фотодиодным. При освещении фотодиода его ток возрастает за счет фототока приблизительно пропорционально освещенности.
В условном обозначении фотодиодов имеются буквы русского алфавита — ФД. Фотодиод - полупроводниковый фотоэлектрический селективный приёмник оптического излучения, обладающий односторонней фотопроводимостью. Фотодиоды могут работать в одном из двух режимов: 1) без внешнего источника электрической энергии (режим фотогенератора); 2) с внешним источником электрической энергии (режим фотопреобразователя).

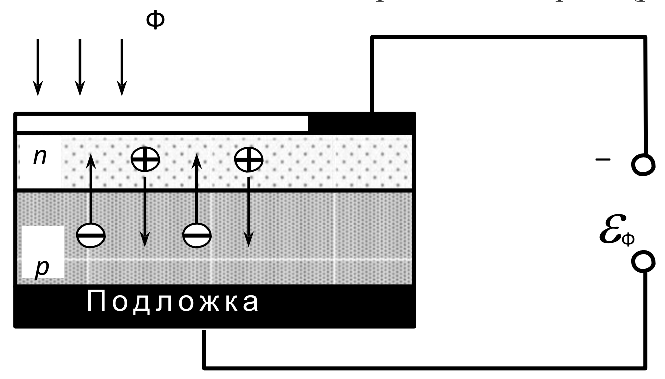


Рис. 1.1. Устройство фотодиода

фотогальванический эффект - разновидность внутреннего фотоэффекта, связанная с образованием разности потенциалов (фотоЭДС) при освещении неоднородного полупроводника. Фотодиоды состоят из двух примесных полупроводников с различными типами электропроводности, на границе между которыми создаётся ***p-n-переход*** (рис1.1), фотодиоды изготовляют из индия, сульфида, кадмия, из германия, кремния, арсенида, галлия, других полупроводниковых материалов. В первом режиме используется поток при освещении прибора. Световой направлен перпендикулярно плоскости ***p-n*** - перехода (рис.1.1). В отсутствии освещения и внешнего источника электроэнергии в области p-n-перехода возникает потенциальный барьер, обусловленный неподвижными носителями заряда - положительными ионами в n-области и отрицательными ионами в p- области.

При падении светового потока на фотодиод фотоны, проходя толщину полупроводника, сообщают части валентных электронов энергию, достаточную для перехода их в зону проводимости. В результате в обеих областях увеличивается число пар свободных носителей заряда (основных и неосновных), то есть дырок и электронов. Под действием контактной разности потенциалов (потенциального барьера) p-n-перехода неосновные носители заряда n-

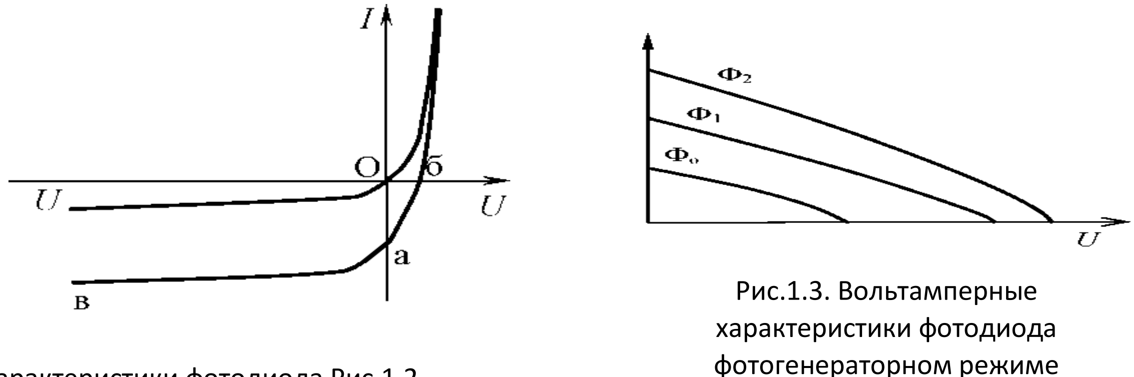


Рис.1.3. Вольтамперные характеристики фотодиода фотогенераторном режиме

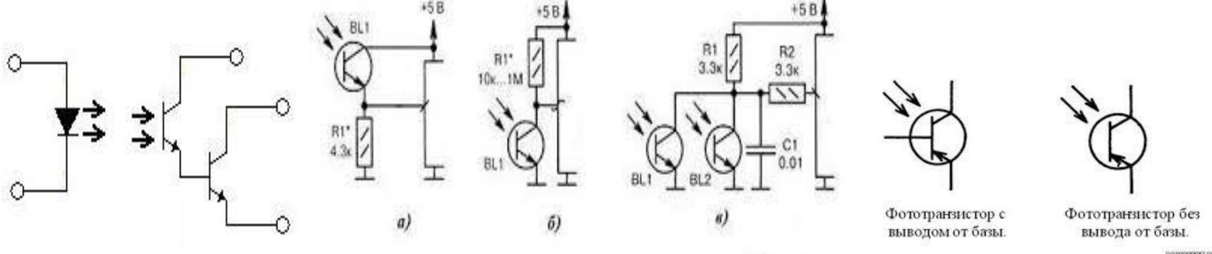
характеристики фотодиода Рис.1.2

области - дырки переходят в p-область, а неосновные носители заряда p-области - электроны - в n-область. Это приводит созданию на зажимах фотодиода при разомкнутой внешней цепи разности потенциалов, называемой фотоЭДС. Предельно возможное значение фотоЭДС равно контактной разности потенциалов, которая составляет десятые доли вольт. Так, например, у селеновых и кремниевых фотодиодов фотоЭДС достигает 0,5-0,6 В, у фотодиодов из арсенида галлия -0,87 В.Если замкнуть зажимы освещённого фотодиода через резистор, то в электрической цепи появляется ток, обусловленный движением неосновных носителей заряда, значение которого зависит от фотоЭДС и сопротивления резистора. Максимальный ток при одной и той же освещённости фотодиода будет при сопротивлении резистора, равным нулю, то есть при коротком замыкании фотодиода. При сопротивлении резистора, не равном нулю, ток во внешней цепи фотодиода существенно уменьшается.Если к неосвещённому фотодиоду подключить источник, значение и полярность напряжение которого можно изменять, то снятые при этом вольтамперные характеристики будут иметь такой же вид, как у обычного полупроводникового диода (рис. 1.2). При освещении фотодиода существенно изменяется лишь обратная ветвь вольтамперной характеристики, прямые же ветви практически совпада-ют при сравнительно набольших напряжениях. Отрезок Об на рис. 1.2 соответствует напряжению холостого хода освещённого фотодиода, то есть фотоЭДС, а отрезок Оа - току короткого замыкания фотодиода. Участок аб характеризует работу фотодиода в режиме фотогенератора. Вольтамперные характеристики фотодиода в этом режиме при различных значениях светового потока построены на рис. 1.3. Темновой ток фотодиодов, так же как и фоторезисторов, ограничивает минимальное значение измеряемого светового потока. У германиевых фотодиодов он равен 10^30 мкА, у кремниевых - 1^3 мкА. Энергетические характеристики фототока фотодиода в режиме фотопреобразователя линейны, а в режиме фотогенератора зависят от сопротивления резистора, включенного во внешнюю цепь.

Фототранзисторы представляют собой полупроводниковые приборы с двумя p - n - переходами.



Облучению подвергается область базы. Под действием света в базовой области образуются свободные носители зарядов —электроны и «дырки». «Дырки», направляясь к коллекторному переходу, проходят в область коллектора и вызывают увеличение обратного тока Ir, работа фототранзистора аналогична работе фотодиода. Фототранзистор не имеет вывода базы, но имеет повышенную чувствительность по сравнению с фотодиодом. Вывод базы в фототранзисторах используют для создания смещения, необходимого для получения линейной характеристики при измерении малых световых сигналов. В обозначении фототранзисторов имеются буквы русского алфавита — ФТ. Фотодиоды и фототранзисторы используют в качестве чувствительных элементов в системах телеконтроля, автоматических устройств, в аппаратуре считывания числового материала, фототелеграфии и т. д. Параметры фототранзисторов зависят от температуры.



Вентильные фотоэлементы представляют собой полупроводниковые устройства, в которых световая энергия непосредственно преобразуется в электрическую. Они не требуют посторонних источников тока, так как сами являются ими.

Вентильный фотоэлемент состоит из металлической пластины, служащей одним электродом, со слоем полупроводника, поверх которого нанесен второй полупрозрачный электрод, чаще всего выполненный напылением слоя золота в вакууме. Запирающий слой образуется на границе полупроводникового слоя и полупрозрачного электрода.

В качестве полупроводникового материала применяют сернистые и селенистые соединения. Световая энергия, проникающая через полупрозрачный слой металла на электронно-дырочный переход, ионизирует атомы кристаллического полупроводника, создавая при этом новые пары носителей заряда— электроны и «дырки». Это приводит к образованию избытка «дырок» в слое p и избытка электронов в слое n. Разность потенциалов между слоями p и n вызывает ток, величина которого пропорциональна освещенности фотоэлемента. Вентильные фотоэлементы применяют для изготовления солнечных батарей, непосредственно преобразующих солнечную энергию в электрическую. На судах вентильные фотоэлементы применяют в качестве датчиков в аппаратуре фотоэлектронной автоматики, в фотоэлектрических и релейных схемах. Фотоэлементы с внешним фотоэффектом на судах не применяют.